

MCNP 高温ライブラリの信頼性チェックの考え方

日本原子力研究所

桜井 淳*・前川藤夫・山本俊弘

(株)ナイス

内藤倣孝

*) sakurai@melody.tokai.jaeri.go.jp

はじめに

原研原子力コード評価専門部会「MCNP 高温ライブラリ作成」WG は連続エネルギーモンテカルロ計算コード MCNP-4B の高温ライブラリを JENDL-3.2 を基に編集した⁽¹⁾。編集には新たに開発した MCNP ライブラリ自動編集システム autonj を利用した。それは NJOY-97 を中心とした核データ処理システムである。編集温度は、従来の MCNP 汎用ライブラリに収められている 340 核種に対し、293, 600, 900, 1200, 1500, 2000K である。

第一段階としての編集の信頼性チェックについては存在する確実なベンチマーク実験との関係で 293 K で実施した。ここでは第二段階としての高温ライブラリのチェックの考え方及び作業進捗状況について報告する。これまで高温ライブラリのチェックについてはあまり議論されて来なかったように思える。これを機会にチェックの必要な条件を議論して行きたいと考えている。

考え方

2000K までの高温ベンチマーク実験が存在すれば話は簡単なのだが、実際には一般的な高温ライブラリのチェックに利用できそうなものは存在しない。

例えば FCA では炉心に装荷する小さな試料の温度を高くしてドップラー効果による反応度評価を実施したが、反応度変化が微小であり、たとえ MCNP-4B で摂動計算を行っても有意な値は得られそうにない。VHTRC では炉心全体を 500K まで昇温して炉物理実験を実施したが、今回の目的の一部には利用できるものの、温度がやや低く、それだけでは必用十分な条件を満たすことはできない。しかしながらそれは唯一存在する貴重な炉物理実験データである。

PWR の運転管理においては、炉心の縦方向の出力分布を測定している。燃料棒の中心温度は 2000K にも達するものの、燃料棒平均では高々 900K である。PWR 炉心の解析において形式的に数字は出せるが、今回の目的のためにはあまりにも大きな不確定要因が入り込んでおり、実際に採用することはできない。というのは、実験的に評価した炉心の三次元的な燃焼データがないため、それを計算で評価して燃焼個数密度の算出に利用すると、今回の目的のためには受け入れがたいほど大きな誤差を持ち込むことになり、

結果の信頼性を損ねる。

HTTR ではこれから定格運転時の炉物理実験や特性測定が実施されるが、炉心の温度は全体的に 1200K と比較的高いものの、今回の目的に利用できるほど正確に炉心の三次元的温度分布をモニターしておらず、この場合も PWR 同様、計算すれば数字は出せるが、信頼性の高い有意な数字を出すことはむずかしいものと思われる。

以上、総合的に判断すれば、ベンチマーク実験ないし炉物理実験の解析では今回の目的を達することはできない。そのため発想を変え、まったく異なった考え方で対応せざるを得ない。

具体的な方法

この目的のためには仮想体系を想定し、複数のコードシステムで解析することにより、結果を相互比較するのが現実的であるように思える。

最初に最も単純な水とウランの均質球体系を想定し、SRAC97 及び MVP、MCNP-4B の高温ライブラリで 293 - 2000K に対応する個々の k_{eff} の相互比較を行った⁽¹⁾。

SRAC95 と MVP ではよく一致するが、MVP と MCNP-4B では後者が一様に 0.2%ほど系統的に小さい。原因究明のために MCNP-4B の高温ライブラリを MVP ライブラリフォーマットに変換し、MVP で計算することを検討中である。その時に水の個数密度を変えて体系の中性子スペクトルを変化させることも考えている。その差は**非分離共鳴領域の処理の仕方**によるものではないかと推定しているが、 k_{eff} の差が 0.2%くらいだと他の要因も無視できず、原因究明は単純でない。可能な限り厳密な評価を実施したい。

非分離共鳴領域の処理について、MVP では**断面積確率テーブル法**を導入した改善処理がなされているが、MCNP では MCNP-4B の段階ではまだそれがなされておらず、近く公開される MCNP-4C⁽²⁾においてそれが導入されている。MCNP-4C では従来のライブラリが読み込めないため(その逆は可能)、専用の高温ライブラリを今度は直接 JENDL-3.3 を基に `autonj` で編集する予定である。確率テーブルは NJOY-97 の PURR モジュールを機能させることにより作成できる。基本的には LANL とまったく同じ方法で処理するが、編集の妥当性はベンチマーク実験解析を通して厳密に評価したい。

つぎに軽水炉燃料棒の無限長無限配列体系に対し、SRAC95 及び MVP、MCNP-4B の高温ライブラリで 293~2000K に対応する個々の k_{∞} 及び C8/F5 の相互比較を実施中である。今年度秋頃までには相互比較を完了し、結果を公表したいと考えている。

できるだけ厳密なチェックを行うため、皆様の助言をお願いいたします。

参考文献

- (1) 前川、桜井、小迫、久米、川崎、野村、内藤：MCNPライブラリ自動編集システム `autonj` の開発、*JAERI-Data/Code* 99-048(1999)
- (2) 桜井、前川、久米、野村、内藤：連続エネルギーモンテカルロコード MCNP-4C および日本での対応、*日本原子力学会誌*、Vol.41, No.9, 924(1999)